



**University of  
Zurich**<sup>UZH</sup>

**Zurich Open Repository and  
Archive**

University of Zurich  
University Library  
Strickhofstrasse 39  
CH-8057 Zurich  
[www.zora.uzh.ch](http://www.zora.uzh.ch)

---

Year: 2021

---

## **Vitamin-D-Mangel im Sport**

Knechtle, Beat ; Jastrzębski, Zbigniew ; Nikolaidis, Pantelis T

**Abstract:** Ein Mangel an Vitamin D ist in der allgemeinen Bevölkerung wie auch bei Sportlerinnen und Sportlern sehr häufig. Ziel dieser Übersicht ist, den Stand des Wissens um die Bedeutung von Vitamin D für den sportlich aktiven Menschen zusammenzustellen. Ein Vitamin-D-Mangel liegt bei Sportlerinnen und Sportlern in bis zu 90 % vor. Risikogruppen bzw. -faktoren sind junge Sportler/innen, weibliches Geschlecht, Sportler/innen mit einer Einschränkung wie z.B. Querschnittgelähmte, Vegetarier/innen, Sportler/innen mit einer Resorptionsstörung wie Zöliakie, diejenigen, die in Hallen trainieren und dort auch Wettkämpfe durchführen (Eishockey, Basketball, Boxen, Rhythmische Sportgymnastik), ältere Sportler/innen, dunkle Hautpigmentation, der Gebrauch von Sonnenschutz, die Tageszeit des Trainings (früher Morgen, später Abend) sowie die geografische Lage. Sonnenexposition sowie eine ausgewogene Ernährung reichen oft nicht aus, um einen Vitamin-D-Mangel zu verhindern. = A deficiency in vitamin D is very common in the general population as well as in athletes. The aim of this overview is to assess the level of knowledge about the importance of vitamin D for athletes. A deficiency in vitamin D is present in up to 90 % of athletes. Risk groups are young athletes, female athletes, athletes with a limitation such as paraplegia, vegetarians, athletes with a resorption disorder such as celiac disease, athletes training and competing indoors (e.g. ice hockey, basketball, boxing, rhythmic gymnastics), and older athletes. Dark skin pigmentation, the use of sunscreen, the time of day of the training (early morning, late evening) and the geographical location influence the risk for a deficiency in vitamin D. Exposure to the sun and a balanced diet are often not enough to prevent a vitamin D deficiency.

DOI: <https://doi.org/10.1024/1661-8157/a003550>

Other titles: Vitamin D Deficiency in Sports

Posted at the Zurich Open Repository and Archive, University of Zurich

ZORA URL: <https://doi.org/10.5167/uzh-200208>

Journal Article

Accepted Version

Originally published at:

Knechtle, Beat; Jastrzębski, Zbigniew; Nikolaidis, Pantelis T (2021). Vitamin-D-Mangel im Sport. *Praxis*, 110(2):94-104.

DOI: <https://doi.org/10.1024/1661-8157/a003550>

Knechtle Beat <sup>1,2</sup>, Jastrzębski Zbigniew <sup>3</sup>, Nikolaidis T. Pantelis <sup>4,5</sup>

<sup>1</sup> Medbase St. Gallen Am Vadianplatz, St. Gallen

<sup>2</sup> Institut für Hausarztmedizin, Universität Zürich, Zürich

<sup>3</sup> Gdansk University of Physical Education and Sport, Gdańsk, Polen

<sup>4</sup> Exercise Physiology Laboratory, Nikaia, Griechenland

<sup>5</sup> School of Health and Caring Sciences, University of West Attica, Athens, Griechenland

## **Der Vitamin D-Mangel im Sport**

### **The vitamin D deficiency in sports**

#### **Korrespondenzadresse**

Prof. Dr. med. Beat Knechtle  
Facharzt FMH für Allgemeinmedizin  
Medbase St. Gallen Am Vadianplatz  
Vadianstrasse 26  
9001 St. Gallen  
Switzerland  
Telefon +41 (0) 71 226 93 00  
Telefax +41 (0) 71 226 93 01  
E-Mail [beat.knechtle@hispeed.ch](mailto:beat.knechtle@hispeed.ch)

41 **Abkürzungen**

42

43 IE Internationale Einheit

44 PTH Parathormon

45 UVB Ultraviolette B-Strahlung

46 WHO World Health Organization

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

65

66

67

68

69

70

71

72

73

74

75

76

77

## Zusammenfassung

Ein Mangel an Vitamin D ist in der allgemeinen Bevölkerung wie bei Sportlern sehr häufig. Ziel dieser Übersicht ist, den Stand des Wissens um die Bedeutung des Vitamin D für den sportlich aktiven Menschen zusammenzustellen. Ein Vitamin-D-Mangel liegt bei Sportlern in bis zu 90% vor. Risikogruppen resp. Risikosituationen bei Sportlern sind junge Sportler, weibliche Sportler, Sportler mit einer Einschränkung wie Querschnittgelähmte, Vegetarier, Sportler mit einer Resorptionsstörung wie Zöliakie, Sportler die in Hallen trainieren und dort auch Wettkämpfe durchführen (Eishockey, Basketball, Boxen und Rhythmische Sportgymnastik), ältere Sportler, dunkle Hautpigmentation, der Gebrauch von Sonnenschutz, die Tageszeit des Trainings (früher Morgen, später Abend) sowie die geographische Lage. Sonnenexposition sowie eine genügende Ernährung reichen oft nicht aus einen Vitamin-D-Mangel zu verhindern.

**Schlüsselwörter:** Leistungsfähigkeit, Ernährung, Sportart, Sonne

## Summary

A deficiency of vitamin D is very common in the general population, like in athletes. The aim of this overview is to assess the level of knowledge about the importance of vitamin D for athletes. A deficiency in vitamin D is present in up to 90% in athletes. Risk groups are young athletes, female athletes, athletes with a limitation such as paraplegia, vegetarians, athletes with a resorption disorder such as celiac disease, athletes training and competing indoor (e.g. ice hockey, basketball, boxing and rhythmic gymnastics), and older athletes. Dark skin pigmentation, the use of sunscreen, the time of day of training (early morning, late evening) and the geographical location increase the risk for deficiency in vitamin D. Exposure to the sun and a sufficient diet are often not enough to prevent a vitamin D deficiency.

**Key words :** ability, nutrition, sport, sun

## Résumé

Une carence en vitamine D est très courante dans la population générale, comme chez les sportifs. Le but de cet aperçu est de compiler l'état des connaissances sur l'importance de la vitamine D pour les athlètes. Jusqu'à 90% des athlètes présentent une carence en vitamine D. Chez les athlètes, les groupes à risque et les situations à risque sont : les jeunes athlètes, les athlètes féminines, les sportifs ayant une déficience tels que les paraplégiques, les végétariens, les athlètes présentant un trouble de la résorption tel que la maladie cœliaque, les athlètes s'entraînant en salle et en compétition (hockey sur glace, basket-ball, boxe et gymnastique rythmique), les athlètes plus âgés, ceux qui ont une peau foncée, et ceux qui utilisent un écran solaire. L'heure de la journée d'entraînement (tôt le matin, tard le soir) et la situation géographique entrent aussi en jeu dans la déficience en vitamine D. L'exposition au soleil et une alimentation suffisante ne suffisent souvent pas à prévenir une carence en vitamine D.

**Mots-clés** : performance, nutrition, sport, soleil

## Einleitung

Ziel dieser Übersicht ist, den aktuellen Stand des Wissens um die Bedeutung des Vitamin-D-Mangels für den sportlich aktiven Menschen zusammenzustellen. Zu diesem Zweck haben wir die Datenbanken ‚Scopus‘ und ‚PUBMED‘ nach den Begriffen ‚Vitamin D – deficiency – athlete‘ bis Ende März 2020 durchsucht. Die Treffer (Fallberichte, Originalarbeiten und Übersichtsartikel) wurden dann durch die Autoren auf klinisch relevante Arbeiten für den Athleten und Praktiker weiter aussortiert.

### Definition von Vitamin D-Mangel

Ein Vitamin-D-Mangel ist sehr häufig in der allgemeinen Bevölkerung [1] und macht oft unspezifische Symptome [2] (Tabelle 1). Ein Problem bei der Definition des Vitamin-D-Mangels ist die Einteilung resp. die Grenze für einen Mangel (Tabelle 2). Obwohl kein Konsens über eine optimale Konzentration von 25(OH)D im Serum besteht wird ein Vitamin-D-Defizit bei einem Wert von unter 20 ng/ml (50 nmol/l) definiert [3]. Eine Konzentration von 21-29 ng/ml (52-72 nmol/l) kann als relative Vitamin-D-Insuffizienz bezeichnet werden und ein Wert von 30 ng/ml und höher als suffiziente Vitamin-D-Konzentration betrachtet werden [3]. Ein Vitamin-D-Mangel wird weiter generell eingeteilt in eine Vitamin-D-Insuffizienz (50-75 nmol/l), ein Vitamin-D-Defizit (<50 nmol/l) und ein schweres Vitamin-D-Defizit (<25 nmol/l) [4]. An anderer Stelle werden ein Vitamin-D-Defizit bei <50 nmol/l und eine Vitamin-D-Insuffizienz bei 50-75 nmol/l geführt ohne den Begriff eines schweren Vitamin-D-Defizit zu verwenden [1]. Eine weitere Einteilung ist ein Vitamin-D-Defizit bei einem Wert von 25(OH)D von unter 20 ng/ml (50 nmol/l) und eine Vitamin-D-Insuffizienz bei einem Wert von 25(OH)D von 21–29 ng/ml (52–72 nmol/l) [1]. Ein Problem bei der Einteilung ist auch, dass gewisse Werte in nmol/l und andere in ng/ml angegeben werden [5]. Anhand eines Umrechnungstools (<http://unitslab.com/de/node/84>) kann man von SI-Einheiten (nmol/l) in konventionelle Einheiten wie ng/ml umgerechnet werden.

Früher wurde ein Vitamin-D-Defizit bei einem Wert von <10 ng/ml angegeben, weil sowohl der Serumspiegel an Vitamin D sowie die Resorption von Kalzium signifikant abnahmen [6, 7]. Die WHO [8] definiert eine Vitamin D-Insuffizienz bei einer Serumkonzentration von 25-OH-Vitamin D <20 ng/ml (<50 nmol/l). An anderer Stelle wird ein Vitamin-D-Defizit bei einer Serumkonzentration von 25-OH-Vitamin D <20 ng/ml (<50 nmol/l) und eine Vitamin-D-Insuffizienz bei einer Serumkonzentration von 25-OH-Vitamin D <30 ng/ml (<75 nmol/l) festgelegt [3]. Die unterschiedlichen Einteilungen dürften aufgrund von Empfehlungen von verschiedenen Fachgesellschaften und aus verschiedenen Zeitperioden herrühren. Da die

Einteilung unterschiedlich erscheint haben wir der Einfachheit halber immer den Begriff Vitamin-D-Mangel verwendet, wenn nicht anders beschrieben.

**Vitamin D hat zentrale Funktionen für den körperlich aktiven Menschen.** Ein Vitamin-D-Mangel hat eine katabole Wirkung auf das Muskelgewebe, kann eine Muskelschwäche verursachen [9], zu einer Abnahme der Muskelmasse führen [10] und so die körperliche sowie die sportliche Leistungsfähigkeit beeinträchtigen. Aufgrund der Zunahme der Aktivität von gewissen Enzymen während körperlicher Belastung [11] können Sportler im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung ebenso anfällig sein für einen Vitamin-D-Mangel. Eine Meta-Analyse aus 23 Studien mit 2'313 Athleten ergab, dass 56% der Athleten unzureichende Vitamin-D-Spiegel hatten [12]. Aufgrund der hohen Prävalenz von Vitamin-D-Mangel [13] und seiner ausgeprägten physiologischen Bedeutung wird diese Zusammenstellung in einem ersten Schritt die Rolle von Vitamin D für sportliche Leistungen beschreiben, aber auch auf die gesundheitliche Bedeutung von Vitamin D noch eingehen [14-17]. Es ist unbestritten, dass Vitamin D **beim sportlich aktiven Menschen** für **den** Knochen, die Muskulatur und **das** Immunsystem wichtig ist [18-21]. In Leistungssportlern liegt ein klarer Zusammenhang zwischen Vitamin D, Kalzium und der Knochendichte vor [22]. Ein Defizit an Vitamin D ist ein negativer prädiktiver Faktor für die Knochendichte [23].

## **Vitamin D-Quellen**

Der Mensch erhält Vitamin D generell aus zwei verschiedenen Quellen: der körpereigenen Produktion nach Sonneneinstrahlung [24, 25] oder über die Ernährung aus Vitamin-D-reichen Nahrungsmitteln oder Nahrungsergänzungsmitteln, die mit Vitamin D angereichert sind [26-28].

### **Die Bedeutung des Sonnenlichts**

Die Sonnenexposition ist zentral für die **körpereigene** Produktion von Vitamin D [29]. Schon im frühen 20. Jahrhundert waren Sportler und Betreuer der Meinung, dass die ultraviolette Strahlung der Sonne einen positiven Effekt auf die sportliche Leistung hatte [30]. Studien, die in den Fünfziger-Jahren speziell in Deutschland entstanden, konnten nachweisen, dass die ultra-violette Strahlung die sportliche Leistung verbessern konnte [31].

Die empfohlene 'Tagesdosis' für Sonnenlicht bei einer zwei- bis dreimaligen Exposition pro Woche [32] liegt bei 5-20 Minuten pro Tag für 5.0% der exponierten Haut bei einer UVB-Strahlung von 290–315 nm [33, 34]. Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass eine 15-



minütige UVB-Exposition (290–315 nm) in einem Badeanzug während der Sommermonate 10'000 bis 20'000 IE Vitamin D<sub>3</sub> produzieren kann [35].

Ein Problem ist aber, dass die Sonnenbestrahlung nicht für eine ausreichende Vitamin-D-Produktion genügt. Nicht einmal die Sonne Spaniens reicht aus, um kein Vitamin-D-Defizit bei der spanischen Bevölkerung aufkommen zu lassen [36, 37]. Selbst wenn das Sonnenlicht im Sommer in Spanien ausreichen sollte um genügend Vitamin D zu produzieren, die fehlende Sonnenscheindauer im Winter ist zu gross und ein Vitamin-D-Mangel wird im Winterhalbjahr entstehen [37]. Nebst der allgemeinen Bevölkerung in Spanien haben auch spanische Sportler einen Vitamin-D-Mangel [38]. In einem Kollektiv von 408 Leistungssportlern in Barcelona wiesen 82% der Sportler einen Vitamin-D-Mangel auf, sogar im Sommer lag in 87% der Sportler ein insuffizienter Vitamin-D-Spiegel vor [38]. Erschwerend kommt noch dazu, dass auch in der spanischen Bevölkerung eine zu geringe Vitamin-D-Zufuhr vorliegt [39, 40]. Auch spanische Sportler nehmen sowohl zu wenig Kalzium [41] wie auch zu wenig Vitamin D [42] mit der Nahrung auf.

Das gleiche Bild wie in Spanien zeigt sich auch für Tunesien, ebenfalls für die Allgemeinbevölkerung wie für die Sportler. In Tunesien lag in 40.9% der Kinder ein Vitamin-D-Defizit und in 44% eine Vitamin-D-Insuffizienz vor, obwohl diese Kinder sich oft an der Sonne aufhalten [43]. Auch bei tunesischen Sportlern konnte ein Vitamin-D-Mangel nachgewiesen werden. In 150 Elitesportlern die je nach Sportart in der Halle oder im Freien trainierten, lag in einem grossen Prozentsatz der Sportler ein Vitamin-D-Mangel vor der bei Hallentraining und bei Frauen deutlich grösser ausfiel [44]. Wenn wir davon ausgehen, dass im Mittleren Osten sehr oft die Sonne scheint und Sportler dort keinen Vitamin-D-Mangel haben sollten, so liefern wissenschaftliche Studien andere Erkenntnisse. In Kuwait liegt die Prävalenz für einen Vitamin-D-Mangel bei Sportlern bei 83% [4] und in Doha, Qatar, bei über 90% [45]. Die Diskrepanz zwischen der hohen Sonnenscheindauer und der tiefen Vitamin-D-Spiegel könnte erklärt werden durch die Umstände, dass Sportler nicht lange in der grossen Hitze draussen trainieren und/oder gerade in arabischen Ländern lange und verhüllende Kleider in der Hitze getragen werden.

Die fehlende Sonnenscheindauer zeigt sich ausgeprägt im Winter. Auch bei anderen Sportlern in anderen Ländern zeigt sich, dass speziell im Winter ein Vitamin-D-Mangel entsteht [46-53]. Bei professionellen Skifahrern konnte gezeigt werden, dass die Vitamin-D-Spiegel im Sommer hoch und im Winter tief waren [54]. Bei Sportlern mit normalen Vitamin-D-Spiegeln im Sommer liegt gegen Ende des Winters in 20% der Fälle ein Mangel vor [55]. Bei Rugbyspielern sinkt die Vitamin-D-Konzentration von Oktober bis April signifikant ab [47].

Bei professionellen Tänzerinnen liegen im Winter sehr tiefe Vitamin-D-Spiegel vor, die sich im Sommer kaum verbessern. Aufgrund der tiefen Vitamin-D-Spiegel im Winter erleiden diese Tänzerinnen auch gehäuft im Winter Verletzungen [52]. In einem Kollektiv von irischen Sportlern zeigte sich, dass 74% der Sportler nach dem Winter eine Vitamin-D-Insuffizienz haben [48]. In englischen Fussballspielern, die nördlich des 53. Breitengrades lebten und trainierten sanken die Vitamin-D-Spiegel zwischen August und Dezember ab, sodass 65% der Spieler im Winter eine Vitamin-D-Insuffizienz aufwiesen [49]. Eine Korrelation zwischen UV-Exposition und Breitengradienten von Krankheiten wie Vitamin-D-Mangel ist bekannt [56]. Der Mangel an Vitamin D steigt je höher der Breitengrad Richtung Norden liegt [57]. Ein tiefes Vitamin D liegt auch bei Athleten vor, die weit oben im hohen Norden leben [46, 58]. Die Prävalenz der Vitamin-D-Insuffizienz steigt im Winter mit ansteigendem Breitengrad vom 53° (England) von 40-65% auf rund 80% beim 60-70° in Finnland [25].

Bei zu geringer Sonnenscheindauer könnte eine erhöhte Vitamin-D-Zufuhr über die Ernährung zu adäquaten Vitamin-D-Spiegeln führen. Wer zu weit nördlich lebt mit zu geringer Sonneneinstrahlung, kann aber trotz einer adäquaten Zufuhr an Vitamin D über die Ernährung ein Vitamin-D-Defizit entwickeln [58, 59]. Sportler die nördlich des 53. Breitengrades leben weisen eine zu tiefe Vitamin-D-Konzentration auf [49, 58, 60]. Das Vitamin-D-Defizit im Winter kann mit einer entsprechenden Sonnenexposition sowie einer zusätzlichen oralen Zufuhr von Vitamin gedeckt werden. In einer Studie mit polnischen Sportlern verbesserte die orale Zufuhr von Vitamin D den Spiegel um 45%, die Sonnenexposition aber sogar um 85% [61]. Besser als eine alleinige Sonnenexposition scheint die alleinige oder zusätzliche Supplementierung von Vitamin D zu sein [48]. Es wird empfohlen, während dem Winter Vitamin D zu supplementieren, um die saisonale Schwankung des Vitamin-D-Spiegels besser auffangen zu können [62]. Ein grosses Problem im Winter ist die Abnahme der Knochenmasse [63]. Es konnte nachgewiesen werden, dass die Knochenmasse im Juni am tiefsten und im Dezember am höchsten ist [63].

Grundsätzlich ist das Sonnenlicht die beste und einfachste Vitamin-D-Quelle. Mehrere Faktoren können die Geschwindigkeit und die Synthese von Vitamin D<sub>3</sub> in Abhängigkeit des Sonnenlichts beeinflussen (Tabelle 3) [13, 64-67]. Das Lebensalter, die geographische Lage bezüglich des Breitengrades, die Tageszeit (Training während Sonnenschein), die Jahreszeit und eine dunkle Hautpigmentation können die Vitamin-D-Produktion in der Haut durch die Sonne deutlich beeinflussen [68-71]. Bei Sportlern zeigte sich, dass das Vitamin D während der Sommermonate und bei Sportlern mit Outdoor-Sportarten höher ist [70, 72, 73]. Der Aufenthalt im Freien ist wichtig für die Vitamin-D-Produktion, allerdings unterscheiden sich

sportlich aktive Menschen nicht von inaktiven Menschen bezüglich des Aufenthalts im Freien und einem Vitamin-D-Mangel [74].

### **Die Bedeutung der Ernährung**

Ein Problem bei Sportlern ist, dass sie nicht in der Lage sind, ihren Bedarf an Vitamin D auch nur annähernd über die Ernährung zu decken [75-79]. Das ist in der Regel durch die geringe Energiezufuhr mit geringer Zufuhr an Mikronährstoffen bedingt [76, 77, 80-83], die eher bei Frauen [84-88], Jugendlichen [88-91] und gewissen Sportarten [92-95] ausgeprägt ist.

Es scheinen gewisse Risikosportarten bezüglich eines ernährungsbedingten Vitamin-D-Mangels vorzuliegen. Frauenfußball scheint da eine besonders gefährdete Sportart zu sein [75, 91, 94]. In einer Studie mit 33 jugendlichen Fussballerinnen lag in 100% der untersuchten Probanden eine zu geringe Vitamin-D-Zufuhr vor [91]. In einer anderen Studie mit 56 jugendlichen Fussballerinnen zeigte sich, dass die tägliche Vitamin-D-Zufuhr unter der Empfehlung war. Als Resultat waren die Vitamin-D-Spiegel im Blut rund 40% unter der Empfehlung [75]. Nebst einem tiefen Vitamin-D-Spiegel im Blut ist auch die Knochendichte bei Sportlern entsprechend erniedrigt [96] und das Risiko für Frakturen ist entsprechend erhöht [97].

Viele Sportler nehmen Vitamin D im Rahmen von Nahrungsergänzungsprodukten ein [98-100], aber möglicherweise in zu geringer Menge. Deshalb wurde schon empfohlen, dass Sportler einen Fokus auf Vitamin-D-reiche Lebensmittel setzen sollten [101]. Allerdings ist erwiesen, dass Sportler mit einer ausreichenden Vitamin-D-Zufuhr über die Ernährung keine zusätzliche Supplementierung benötigen, die zudem keine Leistungsverbesserung bringt und allenfalls noch ein gesundheitliches Risiko bergen kann [102]. Supplemente sind nur dann indiziert, wenn Sportler nicht in der Lage sind, genügend Mikronährstoffe mit der Ernährung aufzunehmen [100]. Sportler, die zu wenig energiereiche Substrate aufnehmen, die Praktiken zur Gewichtsreduktion durchführen, gewisse Lebensmittel oder Lebensmittelgruppen in ihrer Ernährung vermeiden oder sich unausgewogen mit zu wenigen Mikronährstoffen ernähren sollten auf eine Supplementierung von Mikronährstoffen zurückgreifen [103-105].

### **Der Vitamin-D-Mangel im Sport**

Ein Mangel an Vitamin D im Sport ist nicht zu unterschätzen. Es liegen mittlerweile viele Arbeiten vor, die klar dokumentieren, dass bei Sportlern ein teils ausgeprägter Vitamin-D-Mangel vorliegt [4, 72, 73, 106-110]. Sportler haben im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung

das etwa gleich hohe Risiko für ein Vitamin-D-Defizit [111] und die gleiche saisonale Schwankung des Vitamin D [112]. Allerdings ist das Risiko für ein Vitamin-D-Defizit bei Sportlern die in Hallen trainieren höher als bei der Allgemeinbevölkerung [112]. Der Vitamin-D-Mangel bei Sportlern ist besonders im Winter ausgeprägt, bedingt durch die mangelnde Sonnenexposition [47] sowie die geringe Vitamin-D-Aufnahme [113].

Bei den Sportlern scheint es gewisse Risikogruppen für einen Vitamin-D-Mangel zu geben. Nachweislich habengewisse Populationen wie junge Sportler [58, 114], weibliche Sportler [115], Sportler mit einer körperlichen Einschränkung wie einer Querschnittlähmung [72, 116-119], Vegetarier [120-122], Sportler mit einer Resorptionsstörung wie Zöliakie [123], Sportler die in Hallen trainieren und Wettkämpfe durchführen [124] und speziell ältere Sportler [125] unterschiedliche Bedürfnisse an Vitamin D in Abhängigkeit des Alters und des Geschlechts [1].

Bezüglich des Geschlechts gibt es erstaunliche Erkenntnisse. Frauen haben eine höhere Vitamin-D-Aufnahme als Männer [126, 127], obwohl Frauen oft weniger Mikronährstoffe aufnehmen als Männer [128, 129]. Es könnte auch ein Unterschied zwischen den Geschlechtern bezüglich des Vitamin-D-Spiegels im Blut vorliegen [130]. In einer grossangelegten Studie wurden 400 Männer mit 400 Frauen verglichen. Während die Männer im Sommer einen höheren Vitamin-D-Spiegel im Blut aufwiesen, verschwand dieser Unterschied im Winter [131]. Wenn bei professionellen Skifahrern die Vitamin-D-Spiegel gemessen werden, so liegt kein Unterschied zwischen den Geschlechtern bezüglich der Prävalenz eines Mangels vor [54]. Bei dänischen Schwimmern hatten die Frauen höhere Vitamin-D-Werte als die Männer [132]. Wenn bei Frauen ein tiefes Vitamin D nachweisbar ist, so können folgende Risikosituationen vorliegen: verhüllende Kleidung, dunkle Haut, geringe Sonnenexposition, hoher BMI sowie keine sportliche Aktivität im Freien [133, 134].

Je nach Sportart kann die Prävalenz eines Vitamin-D-Mangelshoch bis sehr hoch sein (**Tabelle 4**). Auch professionelle Sportler können einen teils ausgeprägten Mangel an Vitamin D aufweisen [107-109, 115, 135, 136]. Die Ausprägung des Mangels scheint von der Sportart (indoor versus outdoor) [47, 63, 133, 137, 138] sowie von der Jahreszeit (Frühling, Sommer, Herbst, Winter) [54, 58, 132, 139, 140] und der geographischen Lage [55, 73, 141] abzuhängen. Nicht zu unterschätzen sind auch die Hautpigmentation, der Gebrauch von Sonnenschutz, sowie die Tageszeit des Trainings (früher Morgen, später Abend) [69, 71, 138]. In einer Untersuchung von 80 professionellen Football-Spielern in den USA zeigte sich, dass alle Spieler mit einem Vitamin-D-Defizit von schwarzer Hautfarbe waren [142].

Bezüglich der geographischen Lage ist der Mangel in Ländern mit einer hohen

Sonneneinstrahlung auch hoch. In Kuwait liegt die Prävalenz für einen Vitamin-D-Mangel bei Sportlern bei 83%, wobei in 23% ein schweres Vitamin-D-Defizit vorliegt [4]. In Doha, Qatar, haben über 90% der sportlich Aktiven einen Vitamin-D-Mangel [45]. Indoor-Sportler haben nachweisbar ein höheres Risiko einen Vitamin-D-Mangel zu entwickeln [29, 63, 114, 124, 133, 140, 143]. Bei den Sportarten, die in Hallen ausgeübt werden, sind speziell Ball- und Sportsportarten wie Eishockey [139, 143] und Basketball [51, 124, 135] zu erwähnen. Ebenfalls ausgeprägte Mängel sind zu finden im Boxen [48], in der Rhythmischen Sportgymnastik [114], im Tanzen [52], im Tae Kwon Doe [124] und Sportlern mit einer Querschnittlähmung [48]. Bei querschnittgelähmten Sportlern kann die Prävalenz für einen Vitamin-D-Mangel teils bei über 90% liegen [144]. Für andere Sportarten die in Hallen betrieben werden liegen die Prävalenzen etwas tiefer. Die Zahlen für einen Mangel liegen bis 60% bei American Football und Rugby [106]. Bei Elite-Basketballspielern liegt die Prävalenz für einen Vitamin-D-Mangel bei rund 73% [135]. Athleten, die im Freien trainieren, haben im Gegensatz zu Sportlern, die in Hallen trainieren, eine höhere Zufuhr an Vitamin D sowie eine grössere Sonnenexposition [145]. Es wird darum empfohlen bei Sportlern, die in Hallen trainieren regelmässig den Vitamin D-Spiegel zu messen, um ein Defizit früh zu erkennen und eingreifen zu können [146]. Sportler, die in Hallen trainieren, sollten daran denken, zusätzliches Vitamin D aufzunehmen [147] wobei bei Sportlern die Supplementation nach Messung des Spiegels erfolgen sollte.

Es liegen aber auch konträre Ergebnisse vor. Es muss nicht in jeder Sportart ein ausgeprägter Mangel vorliegen [148, 149] und Indoor-Sportarten scheinen nicht generell ein erhöhtes Risiko zu bergen [150]. Bei professionellen Eishockeyspielern, die einen Winter- resp. Indoor-Sport betreiben, liegt die Prävalenz für eine Vitamin-D-Insuffizienz bei nur gerade rund 13% [109]. Bei 59 Läuferinnen (18-40 Jahre) lag nur in rund 5% ein Vitamin-D-Defizit und in rund 13% eine Vitamin-D-Insuffizienz vor [148]. Bei 92 irischen Sportlern lag in 86% ein genügender Vitamin-D-Spiegel vor, in 12% lag ein Vitamin-D-Defizit und in 2% ein Vitamin-D-Mangel vor [149]. Die unterschiedlichen Resultate könnten auf die Sportart sowie das Land in dem der Sportler lebt zurück zu führen sein.

Das Erkennen eines Vitamin-D-Mangels und die entsprechende Korrektur sind wichtig, um die Gesundheit des Knochens, die Muskelfunktion, die körperliche Leistungsfähigkeit sowie die Erholung zu verbessern [151]. Um eine Störung des Knochenstoffwechsels frühzeitig zu erkennen, sollte grundsätzlich bei allen sportlich aktiven Menschen eine Basis-Laboruntersuchung mit Vitamin D, Kalzium, Kreatinin und Parathormon (PTH) erfolgen [53, 152, 153]. Ein 25-OH-Vitamin D-Mangel kann zu hochnormalen und erhöhten Werten des PTH mit niedrig-normalen oder erniedrigten Kalziumwerten im Sinne eines sekundären

Hyperparathyreoidismus führen [154]. Ganz entscheidende Bedeutung dürfte dem sog. Vitamin-D-bindingprotein zukommen [155]. Anhand der Laborwerte kann dann empfohlen werden ob Vitamin D eher mit der Nahrung oder als Supplement enteral oder parenteral zugeführt werden sollte [153]. Es sollte auch beachtet werden, welche Bestimmung besser geeignet ist: Bestimmung des freien 25(OH)D oder des gesamten 25(OH)D in Hinblick auf VDBP genotyping in Hinblick auf Dosierungsempfehlungen aufgrund der ethnischen Unterschiede [156].

Anhand der aktuellen Literaturlage lässt sich auch nicht sagen, dass eine hoch-dosierte Zufuhr von Vitamin D die Leistungsfähigkeit unterstützen kann. Es gibt zwar mehrere Studien, anhand deren physiologischer Wirkung ein indirekt positiver Effekt auf die Leistungsfähigkeit erwartet werden kann (über eine verbesserte Immunfunktion und weniger Infekte hierdurch und damit weniger Ausfalltage) [157-159].

## Praktische Konsequenzen

Sowohl ein Mangel (12.5 bis 50 nmol/l) als auch ein hoher Vitamin-D-Spiegel (> 100 nmol/l) können negative Nebenwirkungen beim sportlich aktiven Menschen haben und möglicherweise die Mortalität erhöhen [160]. Daher ist die Aufrechterhaltung optimaler Vitamin-D-Serumspiegel zwischen 75 und 100 nmol/l [14, 161] und die Sicherstellung einer ausreichenden Menge anderer essentieller Nährstoffe, einschließlich Vitamin K, wichtig. Ärzte und Betreuer sollten ihren Athleten empfehlen, ihr Plasma 25-OH-VitaminD messen zu lassen, um festzustellen, ob eine Supplementierung erforderlich ist. Damit der Knochen des Athleten gesund bleibt, sollten sich Sportler genügend ernähren, Krafttraining machen und auf eine genügend hohe Zufuhr an Vitamin D und Kalzium achten [162]. Basierend auf den bisherigen Erkenntnissen scheinen 4'000-5'000 IE Vitamin D<sub>3</sub> pro Tag in Verbindung mit einer Mischung aus 50 resp. 1'000 µg Vitamin K<sub>1</sub> und K<sub>2</sub> pro Tag eine sichere Dosis zu sein. Schließlich hat keine Studie in der sportlichen Bevölkerung die Serumspiegel von 25-OH-Vitamin D über 100 nmol/l (optimaler Bereich für die Skelettmuskelfunktion) bei Dosen von 1'000 bis 5'000 IE pro Tag erhöht.

## Verdankung

Die Autoren danken Jürg Bamert, Vättis, für die kritischen Kommentare und Verbesserungen des Manuskripts.

474 **Tabelle 1:** Symptome bei Vitamin D-Mangel

---

475	Müdigkeit
476	Konzentrationsstörungen
477	Schwindel
478	Kopfschmerzen
479	Kreislaufprobleme
480	Schlafstörungen
481	Kopfschmerzen
482	Depression
483	Einschränkung des Immunsystems mit erhöhter Infektanfälligkeit
484	Muskelschwäche
485	Muskelzittern
486	Gelenkschmerzen

---

487  
488  
489  
490  
491  
492  
493  
494  
495  
496  
497  
498  
499  
500  
501  
502  
503  
504  
505  
506  
507  
508  
509  
510

511 **Tabelle 2:** Einteilung Vitamin D-Mangel gemäss [1, 4, 6-8]  
 512

Einteilung	Einheit in nmol/l	Einheit in ng/ml
Vitamin-D-Insuffizienz	50-75 resp. <50 oder <75	<20 resp. <30
Vitamin-D-Defizit	<50	<10 resp. <20
Schweres Vitamin-D-Defizit	<25	

513  
 514  
 515  
 516  
 517  
 518  
 519  
 520  
 521  
 522  
 523  
 524  
 525  
 526  
 527  
 528  
 529  
 530  
 531  
 532  
 533  
 534  
 535  
 536  
 537  
 538  
 539  
 540  
 541  
 542



543 **Tabelle 3** Faktoren, die die Geschwindigkeit und die Synthese von endogen produziertem  
544 Vitamin D beeinflussen

---

545	
546	Saisonale Schwankungen bei der UVB-Exposition
547	Leben in Breitengraden (~ 32-42 ° N oder S), die weiter vom Äquator entfernt sind
548	Höhere Höhen
549	Bewölktetes Klima
550	Dicke Ozonschichten durch Verschmutzung
551	Dunkle Hautpigmentierung (höhere Melaninwerte)
552	Dickeres Fettgewebe (Adipositas)
553	Höheres Alter
554	Nutzung von Sonnencreme

---

555

556

557

558

559

560

561

562

563

564

565

566

567

568

569

570

571

572

573

574

575  
576

**Tabelle 4** Vitamin D-Mangel bei Sportlern aus verschiedenen Disziplinen

<b>Sportart</b>	<b>Prävalenz</b>	<b>Referenz</b>
American Football und Rugby	17.6% für American Football und 58.8% für Rugby	[106]
250 Sportler in Kuwait in verschiedenen Sportarten	Vitamin D-Mangel in 83%, ein schweres Vitamin D-Defizit in 23%	[4]
70 männliche Elite-Handballspieler	43% mit Vitamin D-Insuffizienz	[108]
279 Elite Basketballspieler	Vitamin D-Defizit in 32.3%, Vitamin D-Insuffizienz in 41.2%, total bei 73.5% ein Mangel	[135]
50 männliche Eishockeyspieler	22% mit Vitamin D-Defizit und 40% mit Vitamin D-Insuffizienz	[136]
219 gesunde Sportlerinnen	75% mit Vitamin D-Defizit	[115]
105 professionelle Eishockeyspieler	14 Spieler (13.3%) mit einer Vitamin-D-Insuffizienz	[109]
18 männliche Ringer	74% der Ringer hatten im Herbst eine Vitamin-D-Konzentration von <32 ng/ml	[110]
164 Laboranalysenvon 72 Rollstuhlsportlern	73.2% aller Proben zeigten eine Insuffizienz oder ein Defizit an Vitamin D	[72]
279 Elite Basketballspieler	90 Spieler (32.3%) hatten ein Defizit, 131 Spieler (47.0%) eine Insuffizienz und 58 Spieler (20.8%) lagen in der Norm	[163]
25 Elite-Judoka aus Polen	In 80% der Athleten zu tiefe 25(OH)D-Spiegel	[164]
558 professionelle Fussballer in Qatar	In 499 Athleten (89.4%) ein Defizit oder eine Insuffizienz an Vitamin D ( $\leq 30$ ng/ml)	[165]
152 professionelle Alpin-Skifahrer aus Italien (63 Frauen und 89 Männer)	77 Skifahrer (50.7%) hatten mindestens einmal während drei Saisons eine Insuffizienz und 45 Fahrer (29.6%) ein Defizit, kein Unterschied zwischen den Geschlechtern	[54]
604 männliche Athleten, arabischer (n=327), asiatischer (n=48), afrikanischer (n=108),	21.5% (n=130) mit schwerem Defizit, 37.1% (n=224) mit Defizit, 26% (n=157) mit Insuffizienz und 15.4% (n=93) mit suffizienten Werten an Vitamin D	[155]

kaukasischer (n=53) and spanischer (n=68) Herkunft		
43 polnische Fussballer der Premier League	In 74.4% der Profifussballer zu tiefe Vitamin- D-Spiegel	[166]
128 Sportler, davon 54 Männer und 48 Frauen	Rund 70% der Sportler hatten eine Insuffizienz (50-75 nmol/l) oder ein Defizit (<50 nmol/l) an Vitamin D	[167]
29 Schwimmer, 12 Frauen und 17 Männer, 16-24 Jahre	In 45% der Schwimmer lag das Vitamin unter 50 nmol/l	[132]
506 Sportler auf nationalem Niveau (Football 50%, Handball 23%, Volleyball 16%, Basketball 11%)	Bei den 506 Sportlern (und 244 Kontrollen) lagen in 23% (12.3%) suffiziente Spiegel (>30 ng/ml), in 30% (23.4%) eine Insuffizienz (20-30 ng/ml), in 37.2% (48.8%) ein Defizit (10-20 ng/ml) und in 11% (15.6%) ein schweres Defizit (<10 ng/ml) vor	[141]

577

578

579

580

581

582

583

584

585

586

587

588

589

590

591

592

593

594

595

596

597

598

599

600

## **Key messages**

Ein Vitamin-D-Mangel liegt bei Sportlern je nach Disziplin und Geschlecht in bis zu 90% vor.

Risikogruppen resp. Risikosituationen bei Sportlern sind Alter (junge Sportler, ältere Sportler), Geschlecht (weibliche Sportler), Sportler mit einer körperlichen Einschränkung wie Querschnittlähmung, Vegetarier, Sportler mit einer Resorptionsstörung wie Zöliakie, Sportler die in Hallen trainieren und Wettkämpfe durchführen (Eishockey, Basketball, Boxen und Rhythmische Sportgymnastik), dunkle Hautpigmentation, der Gebrauch von Sonnenschutz, die Tageszeit des Trainings (früher Morgen, später Abend)sowie die geographische Lage.

Die Sonnenexposition in sonnenreichen Ländern wie Spanien, Tunesien, Kuwait oder Qatar reicht nicht aus um genügend hohe Vitamin-D-Spiegel zu erzielen.

Sportler sind nicht in der Lage sind, ihren Bedarf an Vitamin D auch nur annähernd über die Ernährung zu decken.

## Lernfragen

Die Produktion von Vitamin D in der Haut durch die Sonneneinstrahlung wird beeinflusst durch

- a) Geographische Lage bezüglich des Längengrades
- b) Tageszeit
- c) Trainingsdauer an der Sonne
- d) Jahreszeit

Antwort: a) ist falsch, b) bis d) sind richtig

Risikogruppen bei Sportlern für einen Vitamin D-Mangel sind

- a) Jüngere Sportler
- b) Ältere Sportler
- c) Weibliche Sportler
- d) Hallensportler

Antwort: alle sind richtig

Sportarten mit einem erhöhten Risiko für einen Vitamin D-Mangel sind

- a) Frauenfußball
- b) Boxen
- c) Tanzen
- d) Rhythmische Sportgymnastik

Antwort: alle sind richtig

Sportarten mit keinem erhöhten Risiko für einen Vitamin D-Mangel sind

- a) Langstreckenlauf
- b) Eishockey
- c) Tae Kwon Doe
- d) Rollstuhlsportler

Antwort: a) und b) sind richtig, c) und d) sind falsch

686 **Literaturverzeichnis**

- 687 1. Holick MF, Binkley NC, Bischoff-Ferrari HA, Gordon CM, Hanley DA, Heaney RP, et  
688 al. Evaluation, treatment, and prevention of vitamin D deficiency: an Endocrine Society  
689 clinical practice guideline. The Journal of clinical endocrinology and metabolism. 2011; 96(7):  
690 1911-30.
- 691 2. Holick MF. Deficiency of sunlight and vitamin D. BMJ (Clinical research ed). 2008;  
692 336(7657): 1318-9.
- 693 3. Holick MF. Vitamin D deficiency. The New England journal of medicine. 2007; 357(3):  
694 266-81.
- 695 4. Alkoot MJ, Boland F, Brugha R, Biesma R. The prevalence and risk factors of vitamin  
696 D inadequacy among male athletes in Kuwait: A cross-sectional study. Journal of Steroid  
697 Biochemistry and Molecular Biology. 2019; 187: 76-81.
- 698 5. Gallagher JC, Sai AJ. Vitamin D insufficiency, deficiency, and bone health. The  
699 Journal of clinical endocrinology and metabolism. 2010; 95(6): 2630-3.
- 700 6. Bouillon RA, Auwerx JH, Lissens WD, Pelemans WK. Vitamin D status in the elderly:  
701 seasonal substrate deficiency causes 1,25-dihydroxycholecalciferol deficiency. The  
702 American journal of clinical nutrition. 1987; 45(4): 755-63.
- 703 7. Need AG, O'Loughlin PD, Morris HA, Coates PS, Horowitz M, Nordin BE. Vitamin D  
704 metabolites and calcium absorption in severe vitamin D deficiency. Journal of bone and  
705 mineral research : the official journal of the American Society for Bone and Mineral  
706 Research. 2008; 23(11): 1859-63.
- 707 8. Prevention and management of osteoporosis. World Health Organization technical  
708 report series. 2003; 921: 1-164, back cover.
- 709 9. Glerup H, Mikkelsen K, Poulsen L, Hass E, Overbeck S, Andersen H, et al.  
710 Hypovitaminosis D myopathy without biochemical signs of osteomalacic bone involvement.  
711 Calcified tissue international. 2000; 66(6): 419-24.
- 712 10. Walrand S. Effect of Vitamin D on skeletal muscle. Geriatrie et Psychologie  
713 Neuropsychiatrie du Vieillissement. 2016; 14(2): 127-34.
- 714 11. MacDougall JD, Hicks AL, MacDonald JR, McKelvie RS, Green HJ, Smith KM.  
715 Muscle performance and enzymatic adaptations to sprint interval training. Journal of applied  
716 physiology (Bethesda, Md : 1985). 1998; 84(6): 2138-42.
- 717 12. Farrokhyar F, Tabasinejad R, Dao D, Peterson D, Ayeni OR, Hadioonzadeh R, et al.  
718 Prevalence of Vitamin D Inadequacy in Athletes: A Systematic-Review and Meta-Analysis.  
719 Sports Medicine. 2015; 45(3): 365-78.

13. Calvo MS, Whiting SJ. Prevalence of vitamin D insufficiency in Canada and the United States: importance to health status and efficacy of current food fortification and dietary supplement use. *Nutrition reviews*. 2003; 61(3): 107-13.
14. Bendik I, Friedel A, Roos FF, Weber P, Eggersdorfer M. Vitamin D: a critical and essential micronutrient for human health. *Frontiers in physiology*. 2014; 5: 248.
15. Bikle DD. Vitamin D metabolism, mechanism of action, and clinical applications. *Chemistry & biology*. 2014; 21(3): 319-29.
16. Hossein-nezhad A, Holick MF. Vitamin D for health: a global perspective. *Mayo Clinic proceedings*. 2013; 88(7): 720-55.
17. Schlogl M, Holick MF. Vitamin D and neurocognitive function. *Clinical interventions in aging*. 2014; 9: 559-68.
18. Owens DJ, Allison R, Close GL. Vitamin D and the Athlete: Current Perspectives and New Challenges. *Sports medicine (Auckland, NZ)*. 2018; 48(Suppl 1): 3-16.
19. Domingues-Faria C, Boirie Y, Walrand S. Vitamin D and muscle trophicity. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care*. 2017; 20(3): 169-74.
20. Jung HC, Seo MW, Lee S, Kim SW, Song JK. Vitamin D supplementation reduces the symptoms of upper respiratory tract infection during winter training in vitamin D-insufficient taekwondo athletes: A randomized controlled trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018; 15(9).
21. Silk LN, Greene DA, Baker MK, Jander CB. Tibial bone responses to 6-month calcium and vitamin D supplementation in young male jockeys: A randomised controlled trial. *Bone*. 2015; 81: 554-61.
22. McCrory JL, Salacinski AJ, Hunt Sellhorst SE, Greenspan SL. Competitive athletic participation, thigh muscle strength, and bone density in elite senior athletes and controls. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2013; 27(11): 3132-41.
23. Sarra A, Karantza M, Papaefthymiou M, Soultanakis H, Papaefstathiou A, Nikolaidou P, et al. Influence of developmental and hormonal factors on bone health in adolescent females: A cross-sectional study and review of the literature. *Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism*. 2013; 26(3-4): 239-46.
24. Juzeniene A, Moan J. Beneficial effects of UV radiation other than via vitamin D production. *Dermato-endocrinology*. 2012; 4(2): 109-17.
25. He CS, Aw Yong XH, Walsh NP, Gleeson M. Is there an optimal vitamin D status for immunity in athletes and military personnel? *Exercise immunology review*. 2016; 22: 42-64.
26. Rawson ES, Miles MP, Larson-Meyer DE. Dietary supplements for health, adaptation, and recovery in athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2018; 28(2): 188-99.

- 756 27. Maughan RJ, Shirreffs SM, Vernec A. Making decisions about supplement use.  
757 International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism. 2018; 28(2): 212-9.
- 758 28. Heaton LE, Davis JK, Rawson ES, Nuccio RP, Witard OC, Stein KW, et al. Selected  
759 In-Season Nutritional Strategies to Enhance Recovery for Team Sport Athletes: A Practical  
760 Overview. Sports Medicine. 2017; 47(11): 2201-18.
- 761 29. Lafleur M, Serra JM, Nguyen S, Depiesse F, Edouard P. Vitamin D and sports.  
762 Journal de Traumatologie du Sport. 2016; 33(2): 110-3.
- 763 30. Hamilton B. Vitamin D and athletic performance: The potential role of muscle. Asian  
764 Journal of Sports Medicine. 2011; 2(4): 211-9.
- 765 31. Cannell JJ, Hollis BW, Sorenson MB, Taft TN, Anderson JJB. Athletic performance  
766 and vitamin D. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2009; 41(5): 1102-10.
- 767 32. Holick MF. Sunlight "D"ilemma: risk of skin cancer or bone disease and muscle  
768 weakness. Lancet (London, England). 2001; 357(9249): 4-6.
- 769 33. Lim HW, Gilchrest BA, Cooper KD, Bischoff-Ferrari HA, Rigel DS, Cyr WH, et al.  
770 Sunlight, tanning booths, and vitamin D. Journal of the American Academy of Dermatology.  
771 2005; 52(5): 868-76.
- 772 34. Wolpowitz D, Gilchrest BA. The vitamin D questions: how much do you need and how  
773 should you get it? Journal of the American Academy of Dermatology. 2006; 54(2): 301-17.
- 774 35. Heaney RP. Vitamin D in health and disease. Clinical journal of the American Society  
775 of Nephrology : CJASN. 2008; 3(5): 1535-41.
- 776 36. Ramírez-Prada D, de la Torre MJ, Llorente-Cantarero FJ, Pérez-Navero JL, Campos  
777 MG. Evaluation of solar exposure, intake and physical activity in relation with vitamin D  
778 serum status in Spanish prepubertal girls. Nutricion Hospitalaria. 2012; 27(6): 1993-8.
- 779 37. Serrano MA. Contribution of sun exposure to the vitamin D dose received by various  
780 groups of the Spanish population. The Science of the total environment. 2018; 619-620: 545-  
781 51.
- 782 38. Valtueña J, Dominguez D, Til L, González-Gross M, Drobic F. High prevalence of  
783 vitamin d insufficiency among elite spanish athletes; the importance of outdoor training  
784 adaptation. Nutricion Hospitalaria. 2014; 30(1): 124-31.
- 785 39. Leonardo Mendonça RC, Sospedra I, Sanchis I, Mañes J, Soriano JM. Comparison of  
786 the somatotype, nutritional assessment and food intake among university sport and  
787 sedentary students. Medicina Clinica. 2012; 139(2): 54-60.
- 788 40. Ortega RM, López-Sobaler AM, Jose Zamora M, Redondo R, González-Gross M,  
789 Andrés P. Dietary intake of a physically active elderly Spanish male group of high  
790 socioeconomic status. International Journal of Food Sciences and Nutrition. 1996; 47(4):  
791 307-13.



- 792 41. Garrido G, Webster AL, Chamorro M. Nutritional adequacy of different menu settings  
793 in elite Spanish adolescent soccer players. *International Journal of Sport Nutrition and*  
794 *Exercise Metabolism*. 2007; 17(5): 421-32.
- 795 42. Sánchez Benito JL. Intake of antioxidant vitamins and minerals by young cyclists,  
796 comparison with their homologous Spanish population. *Revista Espanola de Nutricion*  
797 *Comunitaria*. 2006; 12(2): 83-92.
- 798 43. Bezrati I, Fradj MKB, Ouerghi N, Feki M, Chaouachi A, Kaabachi N. Vitamin D  
799 inadequacy is widespread in Tunisian active boys and is related to diet but not to adiposity or  
800 insulin resistance. *Libyan Journal of Medicine*. 2016; 11.
- 801 44. Sghaier-Ayadi A, Feki M, Bezrati-Ben Ayed I, Abene O, Ben Fredj MK, Kaabachi K, et  
802 al. Vitamin D status and determinants of deficiency in non-supplemented athletes during the  
803 winter months in Tunisia. *Biology of Sport*. 2015; 32(4): 281-7.
- 804 45. Hamilton B, Grantham J, Racinais S, Chalabi H. Vitamin D deficiency is endemic in  
805 Middle Eastern sportsmen. *Public Health Nutrition*. 2010; 13(10): 1528-34.
- 806 46. Brännström A, Yu JG, Jonsson P, Åkerfeldt T, Stridsberg M, Svensson M. Vitamin D  
807 in relation to bone health and muscle function in young female soccer players. *European*  
808 *Journal of Sport Science*. 2017; 17(2): 249-56.
- 809 47. Caroli B, Pasin F, Aloe R, Gnocchi C, Dei Cas A, Galli C, et al. Characterization of  
810 skeletal parameters in a cohort of North Italian rugby players. *Journal of Endocrinological*  
811 *Investigation*. 2014; 37(7): 609-17.
- 812 48. Magee PJ, Pourshahidi LK, Wallace JMW, Cleary J, Conway J, Harney E, et al.  
813 Vitamin D status and supplementation in elite Irish athletes. *International Journal of Sport*  
814 *Nutrition and Exercise Metabolism*. 2013; 23(5): 441-8.
- 815 49. Morton JP, Iqbal Z, Drust B, Burgess D, Close GL, Brukner PD. Seasonal variation in  
816 vitamin D status in professional soccer players of the English premier league. *Applied*  
817 *Physiology, Nutrition and Metabolism*. 2012; 37(4): 798-802.
- 818 50. Jones G, Dwyer T, Hynes KL, Parameswaran V, Greenaway TM. Vitamin D  
819 insufficiency in adolescent males in Southern Tasmania: Prevalence, determinants, and  
820 relationship to bone turnover markers. *Osteoporosis International*. 2005; 16(6): 636-41.
- 821 51. Bescos Garcia R, Rodriguez Guisado FA. Low levels of vitamin D in professional  
822 basketball players after wintertime: relationship with dietary intake of vitamin D and calcium.  
823 *Nutr Hosp*. 2011; 26(5): 945-51.
- 824 52. Ducher G, Kukuljan S, Hill B, Garnham AP, Nowson CA, Kimlin MG, et al. Vitamin D  
825 status and musculoskeletal health in adolescent male ballet dancers a pilot study. *Journal of*  
826 *dance medicine & science : official publication of the International Association for Dance*  
827 *Medicine & Science*. 2011; 15(3): 99-107.

53. Galan F, Ribas J, Sanchez-Martinez PM, Calero T, Sanchez AB, Munoz A. Serum 25-hydroxyvitamin D in early autumn to ensure vitamin D sufficiency in mid-winter in professional football players. *Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland)*. 2012; 31(1): 132-6.
54. Vitale JA, Lombardi G, Cavaleri L, Graziani R, Schoenhuber H, Torre AL, et al. Rates of insufficiency and deficiency of vitamin D levels in elite professional male and female skiers: A chronobiologic approach. *Chronobiology International*. 2018; 35(4): 441-9.
55. Backx E, Van Der Avoort C, Tieland M, Maase K, Kies A, Van Loon L, et al. Seasonal variation in Vitamin D status in elite athletes: A longitudinal study. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2017; 27(1): 6-10.
56. Kimlin MG, Olds WJ, Moore MR. Location and vitamin D synthesis: is the hypothesis validated by geophysical data? *Journal of photochemistry and photobiology B, Biology*. 2007; 86(3): 234-9.
57. Akesson PK, Lind T, Hernell O, Silfverdal SA, Ohlund I. Serum Vitamin D Depends Less on Latitude Than on Skin Color and Dietary Intake During Early Winter in Northern Europe. *Journal of pediatric gastroenterology and nutrition*. 2016; 62(4): 643-9.
58. Lehtonen-Veromaa M, Möttönen T, Irjala K, Kärkkäinen M, Lamberg-Allardt C, Hakola P, et al. Vitamin D intake is low and hypovitaminosis D common in healthy 9- to 15-year-old Finnish girls. *European Journal of Clinical Nutrition*. 1999; 53(9): 746-51.
59. Jerome SP, Sticka KD, Schnurr TM, Mangum SJ, Reynolds AJ, Dunlap KL. 25(OH)D levels in trained versus sedentary university students at 64 degrees north. *International journal of circumpolar health*. 2017; 76(1): 1314414.
60. Close GL, Russell J, Cobley JN, Owens DJ, Wilson G, Gregson W, et al. Assessment of vitamin D concentration in non-supplemented professional athletes and healthy adults during the winter months in the UK: Implications for skeletal muscle function. *Journal of Sports Sciences*. 2013; 31(4): 344-53.
61. Krzywanski J, Mikulski T, Krysztofiak H, Mlynczak M, Gaczynska E, Ziemia A. Seasonal Vitamin D status in polish elite athletes in relation to sun exposure and oral supplementation. *PLoS ONE*. 2016; 11(10).
62. Halliday TM, Peterson NJ, Thomas JJ, Kleppinger K, Hollis BW, Larson-Meyer DE. Vitamin D status relative to diet, Lifestyle, Injury, and Illness in College Athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2011; 43(2): 335-43.
63. Maruyama-Nagao A, Sakuraba K, Suzuki Y. Seasonal variations in vitamin D status in indoor and outdoor female athletes. *Biomedical Reports*. 2016; 5(1): 113-7.
64. Webb AR. Who, what, where and when-influences on cutaneous vitamin D synthesis. *Progress in biophysics and molecular biology*. 2006; 92(1): 17-25.
65. Mithal A, Wahl DA, Bonjour JP, Burckhardt P, Dawson-Hughes B, Eisman JA, et al. Global vitamin D status and determinants of hypovitaminosis D. *Osteoporosis international* :

a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA. 2009; 20(11): 1807-20.

66. Walker N, Love TD, Baker DF, Healey PB, Haszard J, Edwards AS, et al. Knowledge and attitudes to vitamin D and sun exposure in elite New Zealand athletes: a cross-sectional study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2014; 11(1): 47.

67. Matsuoka LY, Wortsman J, Hollis BW. Use of topical sunscreen for the evaluation of regional synthesis of vitamin D3. *Journal of the American Academy of Dermatology*. 1990; 22(5 Pt 1): 772-5.

68. Pfeifer M, Begerow B, Minne HW. Vitamin D and muscle function. *Osteoporosis international : a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*. 2002; 13(3): 187-94.

69. Villacis D, Yi A, Jahn R, Kephart CJ, Charlton T, Gamradt SC, et al. Prevalence of Abnormal Vitamin D Levels Among Division I NCAA Athletes. *Sports health*. 2014; 6(4): 340-7.

70. Larson-Meyer DE, Willis KS. Vitamin D and athletes. *Current Sports Medicine Reports*. 2010; 9(4): 220-6.

71. Downs NJ, Schouten PW, Parisi AV, Turner J. Measurements of the upper body ultraviolet exposure to golfers: Non-melanoma skin cancer risk, and the potential benefits of exposure to sunlight. *Photodermatology Photoimmunology and Photomedicine*. 2009; 25(6): 317-24.

72. Flueck JL, Hartmann K, Strupler M, Perret C. Vitamin D deficiency in Swiss elite wheelchair athletes. *Spinal Cord*. 2016; 54(11): 991-5.

73. Zurcher SJ, Quadri A, Huber A, Thomas L, Close GL, Brunner S, et al. Predictive Factors for Vitamin D Concentrations in Swiss Athletes: A Cross-sectional Study. *Sports medicine international open*. 2018; 2(5): E148-e56.

74. Corazza PRP, Tadiotto MC, Michel DA, de Fátima Lopes M, de Jesus IC, Purim KSM, et al. Photoprotection, solar exposure, and vitamin D in active and sedentary eutrophic adolescents. *Journal of Exercise Physiology Online*. 2017; 20(4): 76-87.

75. Braun H, Von Andrian-Werburg J, Schänzer W, Thevis M. Nutrition status of young elite female German football players. *Pediatric Exercise Science*. 2018; 30(1): 159-69.

76. Muros JJ, Sánchez-Muñoz C, Hoyos J, Zabala M. Nutritional intake and body composition changes in a UCI World Tour cycling team during the Tour of Spain. *European Journal of Sport Science*. 2019; 19(1): 86-94.

77. Nunes CL, Matias CN, Santos DA, Morgado JP, Monteiro CP, Sousa M, et al. Characterization and comparison of nutritional intake between preparatory and competitive phase of highly trained athletes. *Medicina (Lithuania)*. 2018; 54(3).

78. Książek A, Karpala J, Słowińska-Lisowska M. An evaluation of diets in the Polish national judo team during the pre-competition weight loss period. *Archives of Budo*. 2017; 13: 101-6.
79. Frank LL, McCarthy MS. Telehealth coaching: Impact on dietary and physical activity contributions to bone health during a military deployment. *Military Medicine*. 2016; 181(5): 191-8.
80. Figel K, Pritchett K, Pritchett R, Broad E. Energy and nutrient issues in athletes with spinal cord injury: Are they at risk for low energy availability? *Nutrients*. 2018; 10(8).
81. Rossi KA. Nutritional Aspects of the Female Athlete. *Clinics in Sports Medicine*. 2017; 36(4): 627-53.
82. Raizel R, Godois AM, Coqueiro AY, Voltarelli FA, Fett CA, Tirapegui J, et al. Pre-season dietary intake of professional soccer players. *Nutrition and Health*. 2017; 23(4): 215-22.
83. Grout A, McClave SA, Jampolis MB, Krueger K, Hurt RT, Landes S, et al. Basic Principles of Sports Nutrition. *Current Nutrition Reports*. 2016; 5(3): 213-22.
84. Brown KA, Dewoolkar AV, Baker N, Dodich C. The female athlete triad: Special considerations for adolescent female athletes. *Translational Pediatrics*. 2017; 6(3): 144-9.
85. Dallas GC, Dallas CG, Simatos EJ, Simatos JE. Nutritional recommendations and guidelines for women in gymnastics: Current aspects and critical interventions. *Science of Gymnastics Journal*. 2017; 9(1): 27-40.
86. Silva MRG, Paiva T. Poor precompetitive sleep habits, nutrients' deficiencies, inappropriate body composition and athletic performance in elite gymnasts. *European Journal of Sport Science*. 2016; 16(6): 726-35.
87. Zaitseva IP, Skalny AA, Tinkov AA, Berezhkina ES, Grabeklis AR, Nikonorov AA, et al. Blood essential trace elements and vitamins in students with different physical activity. *Pakistan Journal of Nutrition*. 2015; 14(10): 721-6.
88. Silva MRG, Paiva T. Low energy availability and low body fat of female gymnasts before an international competition. *European Journal of Sport Science*. 2015; 15(7): 591-9.
89. Szczepańska B, Malczewska-Lenczowska J, Wajszczyk B. Evaluation of dietary intake of vitamins and minerals in 13-15-years-old boys from a sport school in Warsaw. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*. 2016; 67(1): 59-68.
90. Robertson S, Benardot D, Mountjoy M. Nutritional recommendations for synchronized swimming. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2014; 24(4): 404-13.
91. Gibson JC, Stuart-Hill L, Martin S, Gaul C. Nutrition status of junior elite canadian female soccer athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2011; 21(6): 507-14.

92. Papadopoulou SD, Papadopoulou SK, Vamvakoudis E, Tsitskaris G. Comparison of nutritional intake between volleyball and basketball women athletes of the olympic national teams. *Gazzetta Medica Italiana Archivio per le Scienze Mediche*. 2008; 167(4): 147-52.
93. Jonnalagadda SS, Ziegler PJ, Nelson JA. Food preferences, dieting behaviors, and body image perceptions of elite figure skaters. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2004; 14(5): 594-606.
94. Mullinix MC, Jonnalagadda SS, Rosenbloom CA, Thompson WR, Kicklighter JR. Dietary intake of female U.S. soccer players. *Nutrition Research*. 2003; 23(5): 585-93.
95. Quintas ME, López-Sobaler AM, Requejo AM. Influence of dietetic and anthropometric factors and of the type of sport practised on bone density in different groups of women. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2003; 57: S58-S62.
96. Keay N, Francis G, Hind K. Low energy availability assessed by a sport-specific questionnaire and clinical interview indicative of bone health, endocrine profile and cycling performance in competitive male cyclists. *BMJ Open Sport and Exercise Medicine*. 2018; 4(1).
97. Thornton JS, Vinther A. Prevention of rib stress injury in rowers. What do we know and where do we need to go? *Sports Orthopaedics and Traumatology*. 2018; 34(3): 278-86.
98. Locquet M, Beaudart C, Larbuisson R, Leclercq V, Buckinx F, Kaux JF, et al. Self-Administration of Medicines and Dietary Supplements Among Female Amateur Runners: A Cross-Sectional Analysis. *Advances in Therapy*. 2017; 33(12): 2257-68.
99. Sousa M, Fernandes MJ, Carvalho P, Soares J, Moreira P, Teixeira VH. Nutritional supplements use in high-performance athletes is related with lower nutritional inadequacy from food. *Journal of Sport and Health Science*. 2016; 5(3): 368-74.
100. Sousa M, Carvalho P, Moreira P, Teixeira VH. Nutrition and nutritional issues for dancers. *Medical Problems of Performing Artists*. 2013; 28(3): 119-23.
101. Parnell JA, Wiens KP, Erdman KA. Dietary intakes and supplement use in pre-adolescent and adolescent Canadian athletes. *Nutrients*. 2016; 8(9).
102. Palacin-Arce A, Monteagudo C, Beas-Jimenez JDD, Olea-Serrano F, Mariscal-Arcas M. Proposal of a nutritional quality index (NQI) to evaluate the nutritional supplementation of sportspeople. *PLoS ONE*. 2015; 10(5).
103. Rodriguez NR, Di Marco NM, Langley S. American College of Sports Medicine position stand. Nutrition and athletic performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2009; 41(3): 709-31.
104. Hermus RJJ, Severs AH. Clinical importance of extra vitamins from supplements and enriched foodstuffs. *Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde*. 1999; 143(17): 889-93.
105. Savino F, Bonfante G, Madon E. Use of vitamin supplements in children during convalescence and in children performing sports. *Minerva Pediatrica*. 1999; 51(1-2): 1-9.

976 106. Sun X, Cao ZB, Tanisawa K, Oshima S, Higuchi M. Association of Serum 25-  
977 Hydroxyvitamin D Concentrations With Glucose Profiles in Male Collegiate Football Athletes.  
978 Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2019: 1-6.

979 107. Teixeira P, Santos AC, Casalta-Lopes J, Almeida M, Loureiro J, Ermida V, et al.  
980 Prevalence of vitamin D deficiency amongst soccer athletes and effects of 8 weeks  
981 supplementation. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. 2019; 59(4): 693-9.

982 108. Bauer P, Henni S, Dörr O, Bauer T, Hamm CW, Most A. High prevalence of vitamin D  
983 insufficiency in professional handball athletes. Physician and Sportsmedicine. 2019; 47(1):  
984 71-7.

985 109. Mehran N, Schulz BM, Neri BR, Robertson WJ, Limpisvasti O. Prevalence of Vitamin  
986 D Insufficiency in Professional Hockey Players. Orthopaedic Journal of Sports Medicine.  
987 2016; 4(12).

988 110. Barcal JN, Thomas JT, Hollis BW, Austin KJ, Alexander BM, Larson-Meyer DE.  
989 Vitamin D and weight cycling: Impact on injury, illness, and inflammation in collegiate  
990 wrestlers. Nutrients. 2016; 8(12).

991 111. Ogan D, Pritchett K. Vitamin D and the athlete: Risks, recommendations, and  
992 benefits. Nutrients. 2013; 5(6): 1856-68.

993 112. Von Hurst PR, Beck KL. Vitamin D and skeletal muscle function in athletes. Current  
994 opinion in clinical nutrition and metabolic care. 2014; 17(6): 539-45.

995 113. Owens DJ, Fraser WD, Close GL. Vitamin D and the athlete: Emerging insights.  
996 European Journal of Sport Science. 2015; 15(1): 73-84.

997 114. Lovell G. Vitamin D status of females in an elite gymnastics program. Clinical Journal  
998 of Sport Medicine. 2008; 18(2): 159-61.

999 115. Malczewska-Lenczowska J, Sitkowski D, Surala O, Orysiak J, Szczepanska B, Witek  
1000 K. The Association between Iron and Vitamin D Status in Female Elite Athletes. Nutrients.  
1001 2018; 10(2).

1002 116. Madden RF, Shearer J, Parnell JA. Evaluation of dietary intakes and supplement use  
1003 in paralympic athletes. Nutrients. 2017; 9(11).

1004 117. Scaramella J, Kiri-hennedige N, Broad E. Key Nutritional Strategies to Optimize  
1005 Performance in Para Athletes. Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America.  
1006 2018; 29(2): 283-98.

1007 118. Pritchett K, Pritchett R, Ogan D, Bishop P, Broad E, Lacroix M. 25(OH)D status of  
1008 elite athletes with spinal cord injury relative to lifestyle factors. Nutrients. 2016; 8(6).

1009 119. Krempien JL, Barr SI. Risk of nutrient inadequacies in elite canadian athletes with  
1010 spinal cord injury. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism. 2011;  
1011 21(5): 417-25.

1012 120. Brown DD. Nutritional Considerations for the Vegetarian and Vegan Dancer. Journal  
 1013 of dance medicine & science : official publication of the International Association for  
 1014 Dance Medicine & Science. 2018; 22(1): 44-53.

1015 121. Borrione P, Grasso L, Quaranta F, Parisi A. Vegetarian diet and athletes.  
 1016 International SportMed Journal. 2009; 10(1).

1017 122. Venderley AM, Campbell WW. Vegetarian diets: Nutritional considerations for  
 1018 athletes. Sports Medicine. 2006; 36(4): 293-305.

1019 123. Mancini LA, Trojian T, Mancini AC. Celiac disease and the athlete. Current Sports  
 1020 Medicine Reports. 2011; 10(2): 105-8.

1021 124. Constantini NW, Arieli R, Chodick G, Dubnov-Raz G. High prevalence of vitamin D  
 1022 insufficiency in athletes and dancers. Clinical Journal of Sport Medicine. 2010; 20(5): 368-71.

1023 125. Desbrow B, Burd NA, Tarnopolsky M, Moore DR, Elliott-Sale KJ. Nutrition for Special  
 1024 Populations: Young, Female, and Masters Athletes. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2019;  
 1025 29(2): 220-7.

1026 126. Hosseinzadeh J, Maghsoudi Z, Abbasi B, Daneshvar P, Hojjati A, Ghiasvand R.  
 1027 Evaluation of Dietary Intakes, Body Composition, and Cardiometabolic Parameters in  
 1028 Adolescent Team Sports Elite Athletes: A Cross-sectional Study. Advanced biomedical  
 1029 research. 2017; 6: 107.

1030 127. van Grootheest G, Milaneschi Y, Lips PTAM, Heijboer AC, Smit JH, Penninx BWJH.  
 1031 Determinants of plasma 25-hydroxyvitamin D levels in healthy adults in the Netherlands.  
 1032 Netherlands Journal of Medicine. 2014; 72(10): 533-40.

1033 128. Thein-Nissenbaum J, Hammer E. Treatment strategies for the female athlete triad in  
 1034 the adolescent athlete: current perspectives. Open access journal of sports medicine. 2017;  
 1035 8: 85-95.

1036 129. Heaney S, O'Connor H, Gifford J, Naughton G. Comparison of strategies for  
 1037 assessing nutritional adequacy in elite female athletes' dietary intake. International Journal of  
 1038 Sport Nutrition and Exercise Metabolism. 2010; 20(3): 245-56.

1039 130. Härdi I, Reinhard S, Conzelmann M, Kressig RW, Bridenbaugh SA. Vitamin D level in  
 1040 employees of a swiss university geriatric hospital. Praxis. 2018; 107(12): 633-40.

1041 131. Janssen HCJP, Emmelot-Vonk MH, Verhaar HJJ, Van Der Schouw YT. Determinants  
 1042 of vitamin D status in healthy men and women aged 40-80 years. Maturitas. 2013; 74(1): 79-  
 1043 83.

1044 132. Geiker NRW, Hansen M, Jakobsen J, Kristensen M, Larsen R, Jorgensen NR, et al.  
 1045 Vitamin D Status and Muscle Function Among Adolescent and Young Swimmers. Int J Sport  
 1046 Nutr Exerc Metab. 2017; 27(5): 399-407.

1047 133. Le Goaziou MF, Dupraz C, Martin A, Martinand N, Quinault P, Schott AM, et al.  
1048 Vitamin D deficiency in young women population: An unrecognised reality. *Cahiers de*  
1049 *Nutrition et de Dietetique*. 2009; 44(6): 264-72.

1050 134. Le Goaziou MF, Contardo G, Dupraz C, Martin A, Laville M, Schott-Pethelaz AM.  
1051 Risk factors for vitamin D deficiency in women aged 2050 years consulting in general  
1052 practice: A cross-sectional study. *European Journal of General Practice*. 2011; 17(3): 146-  
1053 52.

1054 135. Grieshaber JA, Mehran N, Photopolous C, Fishman M, Lombardo SJ, Kharrazi FD.  
1055 Vitamin D Insufficiency Among Professional Basketball Players: A Relationship to Fracture  
1056 Risk and Athletic Performance. *Orthop J Sports Med*. 2018; 6(5): 2325967118774329.

1057 136. Orysiak J, Mazur-Rozycka J, Fitzgerald J, Starczewski M, Malczewska-Lenczowska  
1058 J, Busko K. Vitamin D status and its relation to exercise performance and iron status in  
1059 young ice hockey players. *PLoS One*. 2018; 13(4): e0195284.

1060 137. Quadri A, Gojanovic B, Noack P, Fuhrer C, Steuer C, Huber A, et al. Seasonal  
1061 variation of Vitamin D levels in Swiss athletes. *Schweizerische Zeitschrift fur Sportmedizin*  
1062 *und Sporttraumatologie*. 2016; 64(1): 19-25.

1063 138. Lanteri P, Lombardi G, Colombini A, Banfi G. Vitamin D in exercise: Physiologic and  
1064 analytical concerns. *Clinica Chimica Acta*. 2013; 415: 45-53.

1065 139. Kopec A, Solarz K, Majda F, Slowinska-Lisowska M, Medras M. An evaluation of the  
1066 levels of vitamin d and bone turnover markers after the summer and winter periods in polish  
1067 professional soccer players. *Journal of human kinetics*. 2013; 38: 135-40.

1068 140. Aydin CG, Dincel YM, Arikan Y, Tas SK, Deniz S. The effects of indoor and outdoor  
1069 sports participation and seasonal changes on vitamin D levels in athletes. *SAGE Open Med*.  
1070 2019; 7: 2050312119837480.

1071 141. Allison RJ, Close GL, Farooq A, Riding NR, Salah O, Hamilton B, et al. Severely  
1072 vitamin D-deficient athletes present smaller hearts than sufficient athletes. *European journal*  
1073 *of preventive cardiology*. 2015; 22(4): 535-42.

1074 142. Maroon JC, Mathyssek CM, Bost JW, Amos A, Winkelman R, Yates AP, et al. Vitamin  
1075 D profile in National Football League players. *The American journal of sports medicine*. 2015;  
1076 43(5): 1241-5.

1077 143. Fitzgerald JS, Peterson BJ, Wilson PB, Rhodes GS, Ingraham SJ. Vitamin D status is  
1078 associated with adiposity in male ice hockey players. *Medicine and Science in Sports and*  
1079 *Exercise*. 2014; 47(3): 655-61.

1080 144. Flueck JL, Perret C. Supplement use in swiss wheelchair athletes. *Schweizerische*  
1081 *Zeitschrift fur Sportmedizin und Sporttraumatologie*. 2017; 65(1): 22-7.



1082 145. Leong LW, Loh SP, Azhanie AN. Vitamin D intake and sun exposure among  
1083 malaysian athletes in national sports institute, Bukit Jalil. *Malaysian Journal of Medicine and*  
1084 *Health Sciences*. 2013; 9(1): 21-8.

1085 146. Peeling P, Fulton SK, Binnie M, Goodman C. Training environment and vitamin D  
1086 status in athletes. *International Journal of Sports Medicine*. 2013; 34(3): 248-52.

1087 147. Rosenbloom C. Sports nutrition: Updating the practitioner. *Nutrition Today*. 2011;  
1088 46(4): 197-202.

1089 148. Wentz LM, Liu PY, Ilich JZ, Haymes EM. Female Distance Runners Training In  
1090 Southeastern United States Have Adequate Vitamin D Status. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*.  
1091 2016; 26(5): 397-403.

1092 149. Todd J, Madigan S, Pourshahidi K, McSorley E, Laird E, Healy M, et al. Vitamin D  
1093 status and supplementation practices in elite Irish athletes: An update from 2010/2011.  
1094 *Nutrients*. 2016; 8(8).

1095 150. Fernandes MR, Dos Reis Barreto W. Association between physical activity and  
1096 Vitamin D: A narrative literature review. *Revista da Associacao Medica Brasileira*. 2017;  
1097 63(6): 550-6.

1098 151. Kahn DS, Shuler FD, Qazi ZN, Belmaggio TD, Mehta SP. The emerging role of  
1099 vitamin D in sports physical therapy: A review. *Critical Reviews in Physical and Rehabilitation*  
1100 *Medicine*. 2015; 27(1): 1-10.

1101 152. Butscheidt S, Rolvien T, Uebliacker P, Amling M, Barvencik F. Impact of Vitamin D in  
1102 Sports: Does Vitamin D Insufficiency Compromise Athletic Performance? *Sportverletzung-*  
1103 *Sportschaden*. 2017; 31(1): 37-44.

1104 153. Larson-Meyer E. Vitamin D supplementation in athletes. *Nestle Nutrition Institute*  
1105 *Workshop Series*. 752013. p. 109-21.

1106 154. Khundmiri SJ, Murray RD, Lederer E. PTH and Vitamin D. *Comprehensive*  
1107 *Physiology*. 2016; 6(2): 561-601.

1108 155. Allison RJ, Farooq A, Cherif A, Hamilton B, Close GL, Wilson MG. Why don't serum  
1109 vitamin D concentrations associate with BMD by DXA? A case of being 'bound' to the wrong  
1110 assay? Implications for vitamin D screening. *British journal of sports medicine*. 2018; 52(8):  
1111 522-6.

1112 156. Kim HY, Kim JH, Jung MH, Cho IA, Kim Y, Cho MC. Clinical Usefulness of  
1113 Bioavailable Vitamin D and Impact of GC Genotyping on the Determination of Bioavailable  
1114 Vitamin D in a Korean Population. *International journal of endocrinology*. 2019; 2019:  
1115 9120467.

1116 157. Knechtle B, Nikolaidis PT. Vitamin D and Sport Performance. *Nutrients*. 2020; 12(3):  
1117 841.

158. Wiciński M, Adamkiewicz D, Adamkiewicz M, Śniegocki M, Podhorecka M, Szycha P, et al. Impact of vitamin D on physical efficiency and exercise performance—a review. *Nutrients*. 2019; 11(11).
159. Książek A, Zagrodna A, Słowińska-Lisowska M. Vitamin D, skeletal muscle function and athletic performance in athletes—A narrative review. *Nutrients*. 2019; 11(8).
160. Visser M, Deeg DJ, Puts MT, Seidell JC, Lips P. Low serum concentrations of 25-hydroxyvitamin D in older persons and the risk of nursing home admission. *The American journal of clinical nutrition*. 2006; 84(3): 616-22; quiz 71-2.
161. Vieth R. Vitamin D supplementation, 25-hydroxyvitamin D concentrations, and safety. *The American journal of clinical nutrition*. 1999; 69(5): 842-56.
162. Goolsby MA, Boniquit N. Bone Health in Athletes: The Role of Exercise, Nutrition, and Hormones. *Sports health*. 2017; 9(2): 108-17.
163. Fishman MP, Lombardo SJ, Kharrazi FD. Vitamin D Deficiency Among Professional Basketball Players. *Orthop J Sports Med*. 2016; 4(7): 2325967116655742.
164. Książek A, Dziubek W, Pietraszewska J, Słowińska-Lisowska M. Relationship between 25(OH)D levels and athletic performance in elite Polish judoists. *Biology of Sport*. 2018; 35(2): 191-6.
165. Bakken A, Targett S, Bere T, Adamuz MC, Tol JL, Whiteley R, et al. Health conditions detected in a comprehensive periodic health evaluation of 558 professional football players. *British journal of sports medicine*. 2016; 50(18): 1142-50.
166. Książek A, Zagrodna A, Dziubek W, Pietraszewski B, Ochmann B, Słowińska-Lisowska M. 25(OH)D3 Levels Relative to Muscle Strength and Maximum Oxygen Uptake in Athletes. *Journal of human kinetics*. 2016; 50: 71-7.
167. Backx EMP, Tieland M, Maase K, Kies AK, Mensink M, Van Loon LJC, et al. The impact of 1-year Vitamin D supplementation on Vitamin D status in athletes: A dose-response study. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2016; 70(9): 1009-14.